



# **NOSNÉ OCELOVÉ KONSTRUKCE Z HLEDISKA UDRŽITELNÉHO ROZVOJE VE VÝSTAVBĚ**

**ENERGIE NA PROVOZ**



## Obsah

### 1) Spotřeba energie na provoz budovy

- Úvod
- Poloha objektu
- Výpočet spotřeby energie
- Postup kvantifikace spotřeby

### 2) Ověření postupu

- Referenční jednotka (EN 15265:2007)
- Referenční byt (úpravou EN 15265:2007)
- Studie bytového objektu

### 3) Shrnutí



## 1) Spotřeba energie na provoz budovy

### Úvod

**Postup výpočtu byl připraven**

**v rámci projektu RFCS**



**SB STEEL**

SB\_Steel (2014), Sustainable Building Project in Steel.

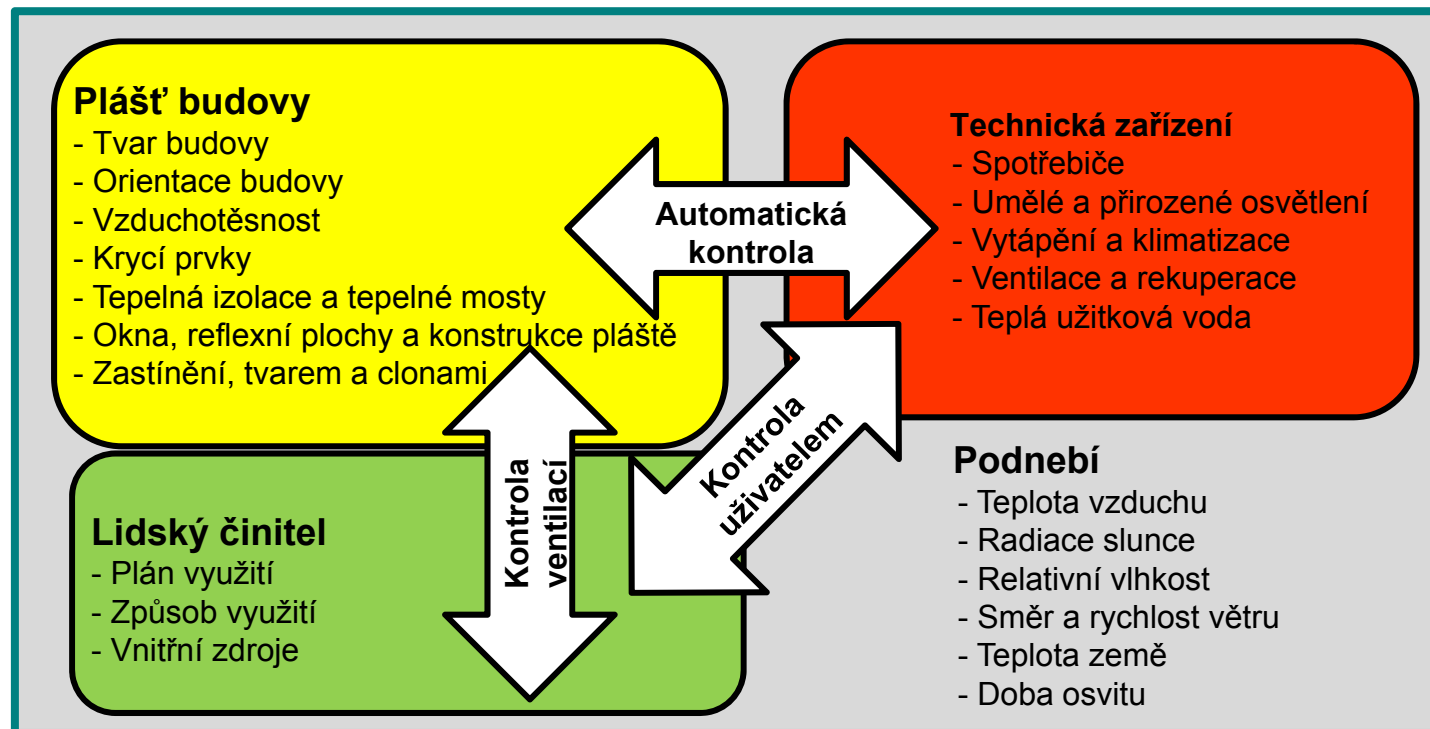
RFSR-CT-2010-00027 Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel



## Úvod

Tepelné poměry a energetické úspory budov závisí na více parametrech

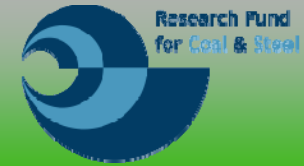
Přesná předpověď energie na provoz je základem udržitelného rozvoje ve výstavbě



Obtíže souvisí s potřebou předpovědi na samém počátku návrhu objektu, kdy nejsou a nemohou být potřebná data plně k dispozici.



## Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě



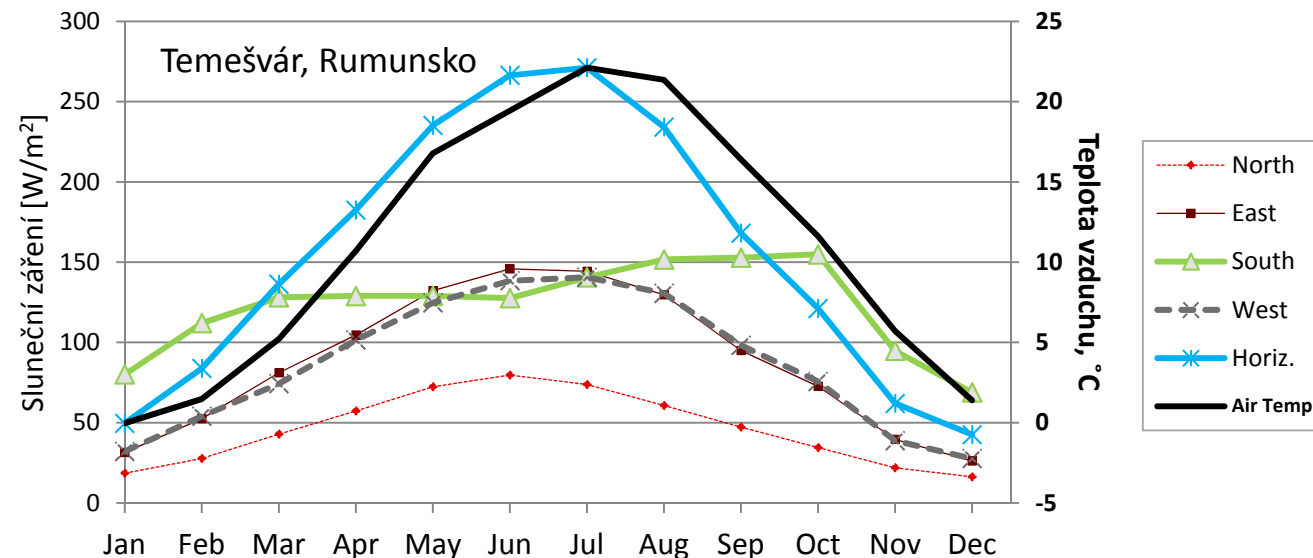
### Poloha budovy a klimatické pásmo

Umístění objektu z hlediska klimatických podmínek má v tepelných výpočtech chování zásadní význam. Pro výpočet energetické spotřeby je potřeba znát hlavně:

- Průběh teploty vzduchu
- Sluneční záření na povrchu

Údaje lze získat z EnergyPlus, energetické simulační software databáze počasí (EERE-USDOE, 2014) a místních meteorogických zdrojů.

EERE-USDoE (2014),  
Energy Efficiency and  
Renewable Energy Website  
from the United States  
Department of Energy, viz  
[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather\\_data2.cfm/?region=6\\_europe\\_wmo\\_region\\_6](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data2.cfm/?region=6_europe_wmo_region_6)



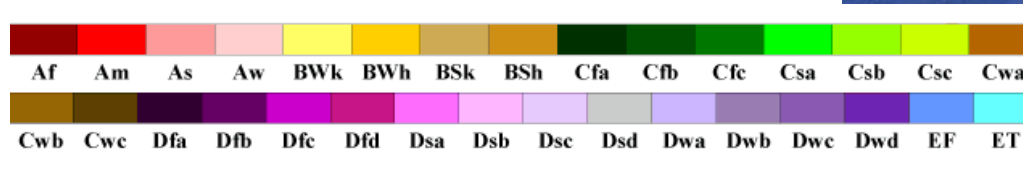


# Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě

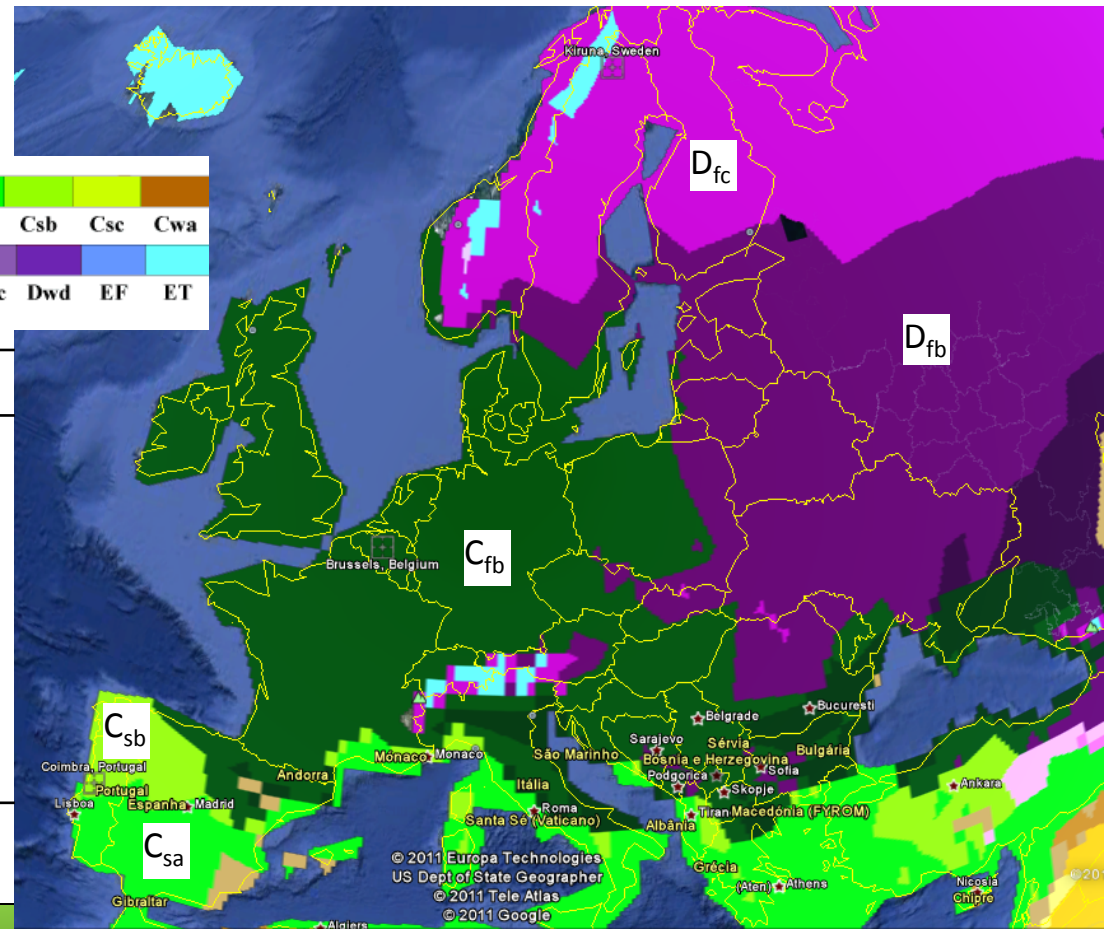


## Poloha budovy a klimatické pásmo

Klasifikace podle Köppen-Geiger je vypracována pro pět klimatických pásem  
(i) Csa; (ii) Csb; (iii) Cfb; (iv) Dfb; (v) Dfc.



Pásma	Popis	Teploty
A: rovníkové	W: poušť	h: horké suché F: polární led
B: suché	S: step	k: studené T: polární tundra
C: mírné	f: vlhké	vyprahlé
D: se sněhem	s: suché letní	a: horké letní
E: polární	w: suché zimní	b: teplé letní
	m: monzúnové	c: studené letní
		d: výrazně kontinentální





## Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě



# Poloha budovy a klimatické pásmo

Databáze pro 52 měst

Město	Země	Klimatická oblast	Město	Země	Klimatická oblast	Město	Země	Klimatická oblast
Amsterdam	Netherlands	Cfb	Kiev	Ukraine	Dfb	Oslo	Norway	Dfb
Ankara	Turkey	Csb	Kiruna	Sweden	Dfc	Ostersund	Sweden	Dfc
Arhanglesk	Russia	Dfc	Kraków	Poland	Cfb	Paris	France	Cfb
Athens	Greece	Csa	La Coruña	Spain	Csb	Porto	Portugal	Csb
Barcelona	Spain	Csa	Lisbon	Portugal	Csa	Poznan	Poland	Cfb
Berlin	Germany	Cfb	Ljubljana	Slovenia	Cfb	Prague	Czech Republic	Cfb
Bilbao	Spain	Cfb	London	England	Cfb	Rome	Italy	Csa
Bratislava	Slovakia	Cfb	Lublin	Poland	Dfb	Salamanca	Spain	Csb
Brussels	Belgium	Cfb	Madrid	Spain	Csa	Sanremo	Italy	Csb
Cluj-Napoca	Romania	Dfb	Marseille	France	Csa	Sevilla	Spain	Csa
Coimbra	Portugal	Csb	Milan	Italy	Cfb	Stockholm	Sweden	Dfb
Gdansk	Poland	Cfb	Minsk	Belarus	Dfb	Tampere	Finland	Dfc
Genova	Italy	Csb	Montpellier	France	Csa	Timisoara	Romania	Cfb
Graz	Austria	Dfb	Moscow	Russia	Dfb	Vienna	Austria	Dfb
Hamburg	Germany	Cfb	Munich	Germany	Cfb	Warsaw	Poland	Dfb
Helsinki	Finland	Dfb	Nantes	France	Cfb	Wroclaw	Poland	Cfb
Istambul	Turkey	Csa	Nice	France	Csb			
Katowice	Poland	Cfb	Opole	Poland	Cfb			



## Výpočet spotřeby energie

Zjednodušený algoritmus v AMECO 3 umožňuje předvídat spotřeba energie na:

- Vyhřívání
- Chlazení
- Teplá užitková voda (TUV)

Algoritmus zahrnuje požadavky v několika evropských normách

- Výpočet vytápění a chlazení se řeší pomocí bilance měsíčního kvazi-ustáleného stavu podle **ISO 13790 (2008)**
- Potřeba energie pro přípravu teplé užitkové vody se vypočítá podle **ČSN EN 15316-3-1 (2007)**

**ISO 13790 (2008)**

Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling, CEN

**EN 15316-3-1 (2007)**

Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements), CEN

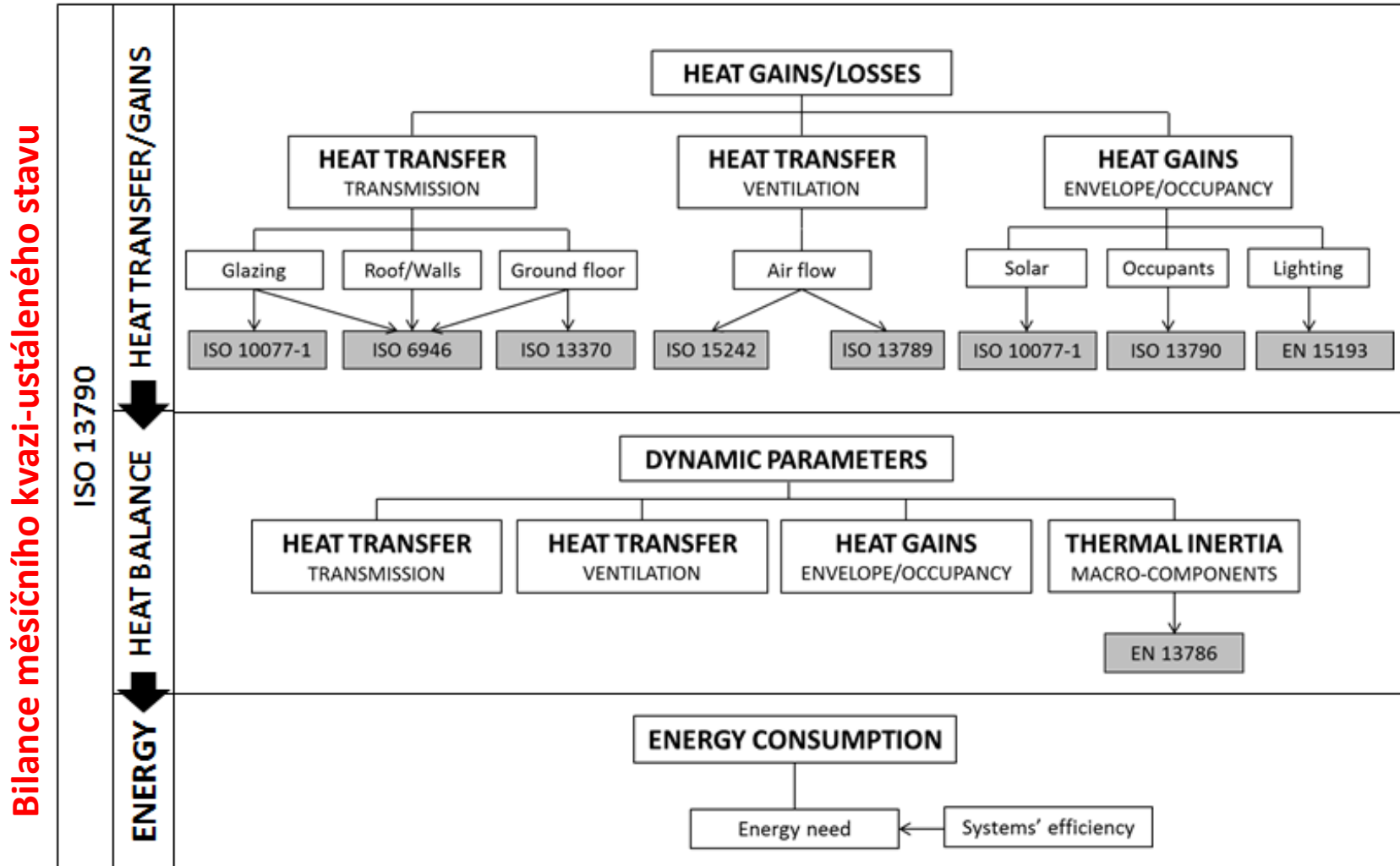




# Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě

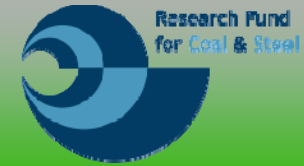


## Výpočet spotřeby energie





## Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě



# Postup výpočtu spotřeby energie

## Hlavní vstupy

**Poloha budovy** → podle klimatického pásma (pro konkrétní oblasti):

- i) teplota vzduchu
- ii) sluneční záření na povrch dané orientace

## Druh objektu

obytné, kancelářské, obchodní a průmyslové.

## Obvodový plášť

po částech: stěny, podlahy, střechy, přízemí, otvory

## Rozměr a orientace

délka, šířka, výška, počet podlaží

## Vnitřní klima

vytápění a chlazení, rychlost proudění vzduchu při větrání

## Hlavní výstupy

- Energie na vytápění, chlazení a přípravu teplé užitkové vody
- Tepelná bilance pro hlavní konstrukčních prvků (stěny, střecha, okna)



## Postup výpočtu spotřeby energie

Výpočet spotřeby energie **pro ohřev**  $Q_{H,nd}$

1) Rovnováha za předpokladu rovnoměrného vytápění

$Q_{H,ht}$  celkový přenos tepla (vedením + větráním)  $\longrightarrow$  ( Tepelné ztráty)

$Q_{H,gn}$  celkové tepelné zisky (vnitřní + solární)

$\eta_{H,gn}$  opravný součinitel pro ohřev

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

2) Oprava pro přerušení vytápění

Redukční součinitel  $\alpha_{H,red}$

$$Q_{H,nd,interm} = \alpha_{H,red} Q_{H,nd,cont}$$



## Postup výpočtu spotřeby energie

Výpočet spotřeby energie pro chlazení  $Q_{C,nd}$

1) Rovnováha za předpokladu rovnoměrného vytápění

$Q_{C,ht}$  celkový přenos tepla (vedením + větráním)

$Q_{C,gn}$  celkové tepelné zisky (vnitřní + solární)

$\eta_{C,ls}$  opravný součinitel pro chlazení

Porovnání  
s fází  
ohřevu

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht}$$

2) Oprava pro přerušení chlazení

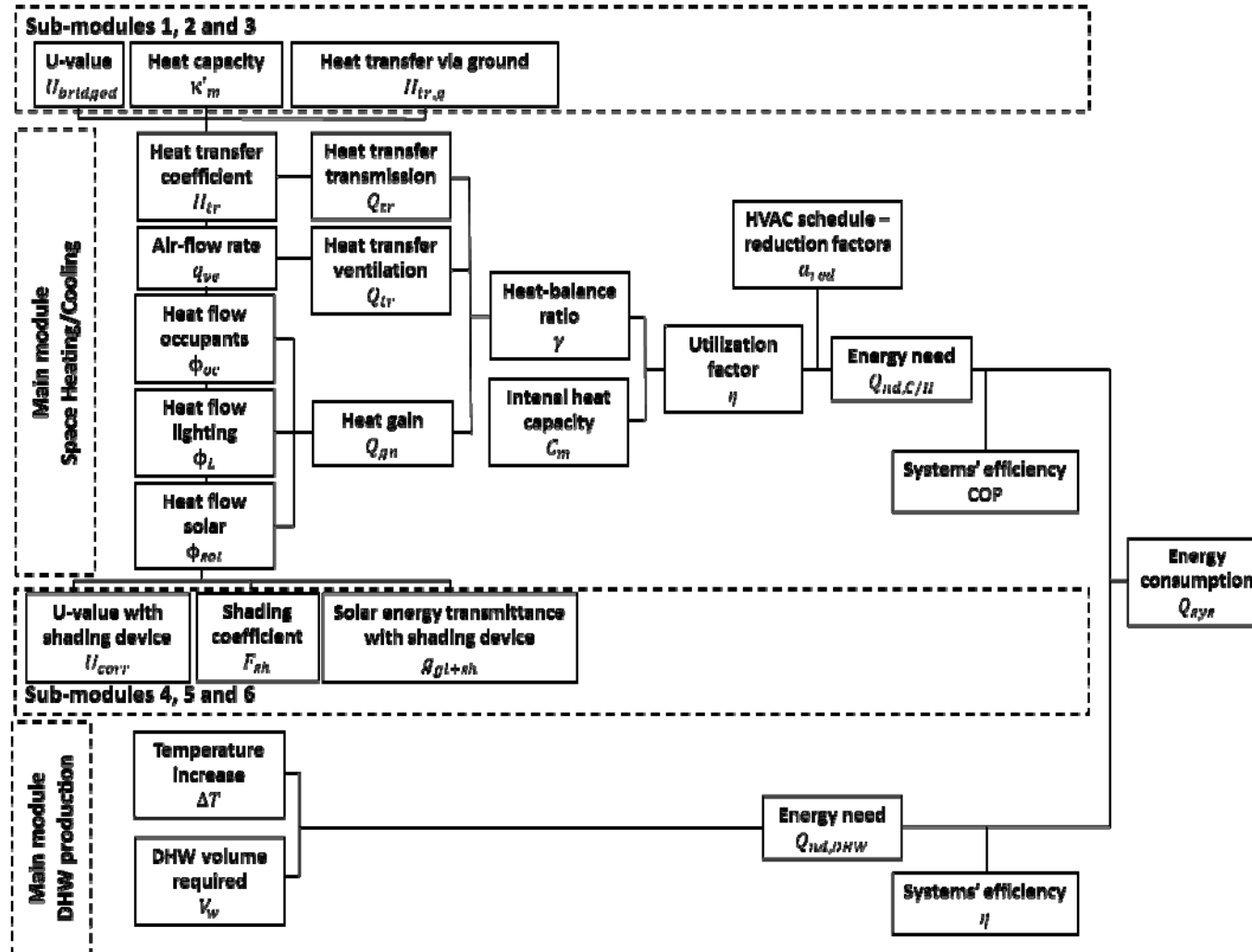
Redukční součinitel  $\alpha_{C,red}$



# Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě



## Postup výpočtu spotřeby energie





## 2) Ověření postupu

### Požadavky na spotřebu

Metodika ověřena na vytápění / chlazení budovy (*Santos et al. 2014*)

- Referenční jednotka (*EN 15265:2007*)
- Referenční byt (rozšíření podle *EN 15265:2007*)
- Studie bytového objektu

P. SANTOS; R. MARTINS; H. GERVÁSIO; L. SIMÕES DA SILVA, "Assessment of building operational energy at early stages of design – A monthly quasi-steady-state approach", *Energy and Buildings* (ISSN: 0378-7788), vol. 79, pp. 58–73, 2014.

**EN 15265** (2007), Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures. CEN - European Committee for Standardization.



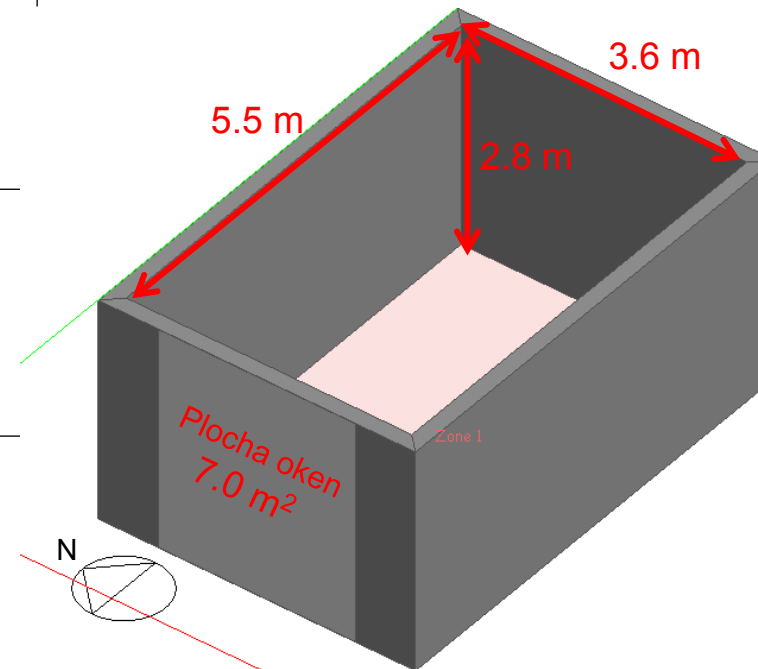
# Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě



## Referenční jednotka (EN 15265:2007)

Norma popisuje 12 zkušebních příkladů pro bytovou místnost

Informativní	<p><b>Zkouška 1</b> Referenční</p> <p><b>Zkouška 2</b> Vysoká tepelná setrvačnost</p> <p><b>Zkouška 3</b> Bez vnitřních zisků</p> <p><b>Zkouška 4</b> Bez zaclonění</p>
Přerušované vytápění (normativní)	<p><b>Zkouška 5</b> = Zkouška 1 +</p> <p><b>Zkouška 6</b> = Zkouška 2 +</p> <p><b>Zkouška 7</b> = Zkouška 3 +</p> <p><b>Zkouška 8</b> = Zkouška 4 +</p> <p><b>Vytápění 8:00-18:00 po až pá</b></p>
Přerušované vytápění dvouplášťové (normativní)	<p><b>Zkouška 9</b> = Zkouška 5 +</p> <p><b>Zkouška 10</b> = Zkouška 6 +</p> <p><b>Zkouška 11</b> = Zkouška 7 +</p> <p><b>Zkouška 12</b> = Zkouška 8 +</p> <p><b>Dvouplášťová střecha</b></p>

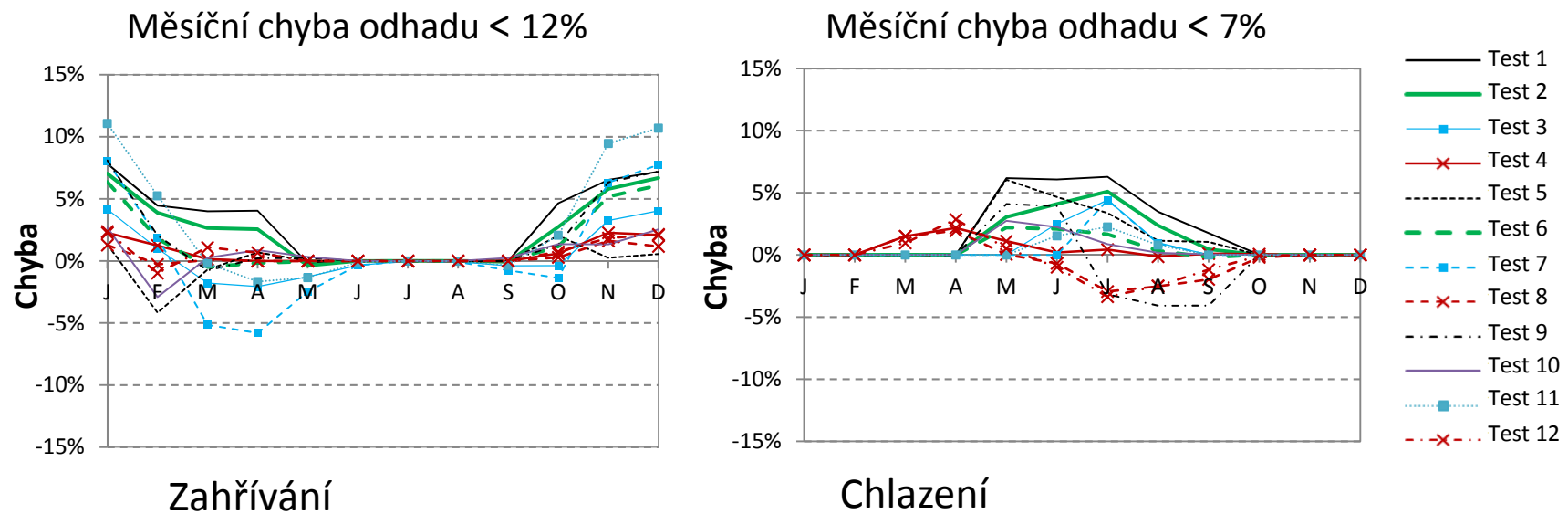


Zkušební příklady pro klíčové parametry  
zastínění, jímání tepla,  
stálé a přerušované vytápění, využití vnitřní tepelných zisků



## Referenční jednotka (EN 15265:2007)

Přesnost odhadu závisí na  
řešeném případě, měsíci a režimu



Měsíční přesnost algoritmu pro vytápění / chlazení  
pro dvanáct zkušebních případů podle EN 15265:2007



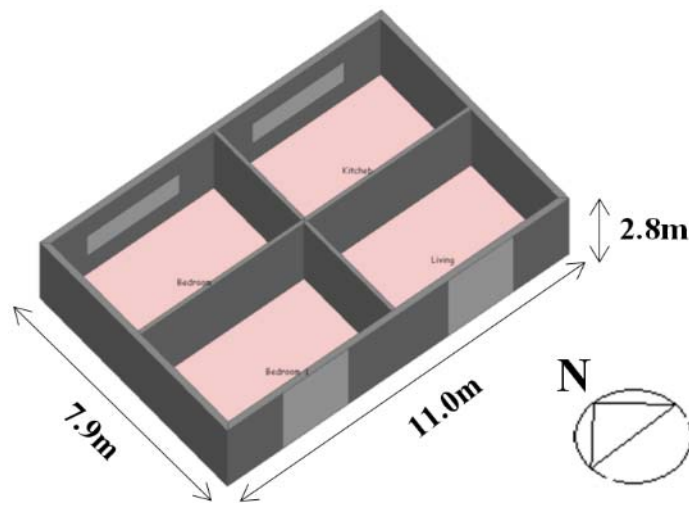


# Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě



## Referenční byt (rozšíření podle EN 15265:2007)

- Měsíční algoritmus je zaměřen na předpověď energetické spotřeby budovy, ne na stavební prostor, viz ČSN EN 15265 (2007)
- Ověření sadou testovacích případů pro typické byty



Model, vnitřní rozměry

Parametry pláště

Prvek	U-value [W/m <sup>2</sup> .K]	$\kappa_m$ [J/m <sup>2</sup> .K]
Vnější stěna	0.493	81297
Vnitřní stěna	-	9146
Střecha	0.243	6697
Přízemní	-	63380

$\kappa_m$  Vytápěná plocha

Řešené proměnné

Případ	GFR [%]	NGWR [%]	SGWR [%]	Zastínění
T1	35	36	54	zapnuto
T2				vypnuto
T3	25	20	40	zapnuto
T4				vypnuto
T5	15	12	24	zapnuto
T6				vypnuto

GFR: poměr zasklení; NGWR: poměr severních oken ku stěnám;  
SGWR: poměr jižních oken ku stěnám.

## Referenční byt pro ověření opravných součinitelů



# Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě



## Studie bytového objektu

Dvoupodlažní bytový objekt v Coimbre, Portugalsko



Jihozápadní pohled

Severozápadní pohled



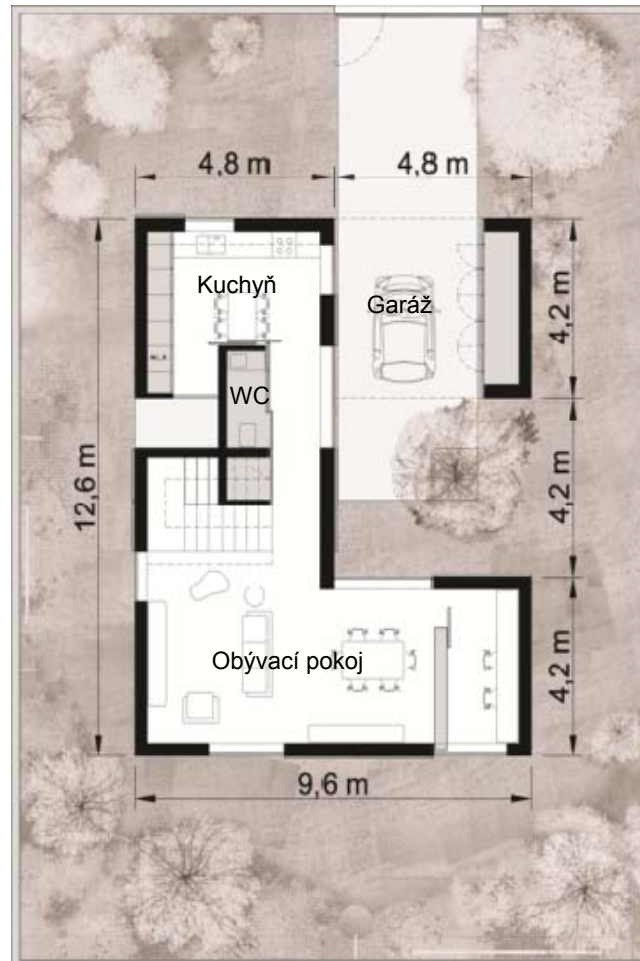


# Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě

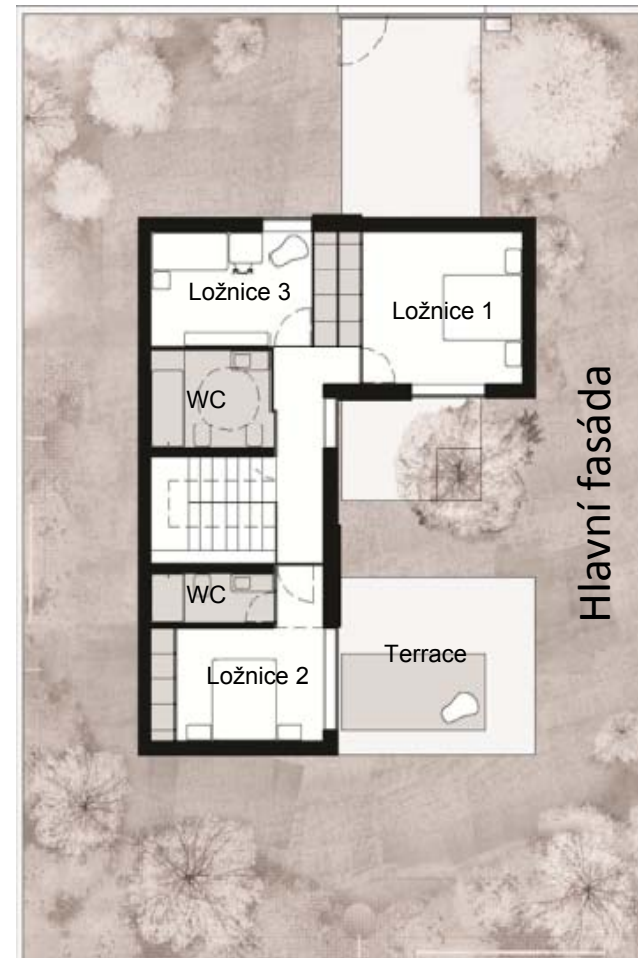


## Studie bytového objektu

Ground-floor level



First-floor level





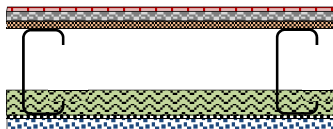
# Studie bytového objektu

## Plášť

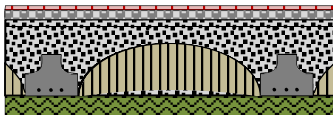
Střecha



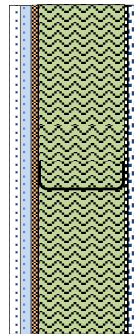
Strop



Podlaha



Vnější stěna



Vnitřní stěna



Tepelné vlastnosti

Prvek	Tep. odp. [W/m <sup>2</sup> .K]	$\kappa_m$ [J/m <sup>2</sup> .K]
Střecha	0.37	13435
Strop	-	61062
Podlaha	0.60	65957
Vnější stěna	0.29	13391
Vnitřní stěna	-	26782

## Okna

Tepelné vlastnosti

Materiály	Tep. odp. [W/m <sup>2</sup> .K]	SHGC Součinitel tepelného zisku
Dvojsklo, PVC rám 8+6 mm, vzduchová mezera 14 mm	2.60	0.78

SHGC – Solar heat gain coefficient



# Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě

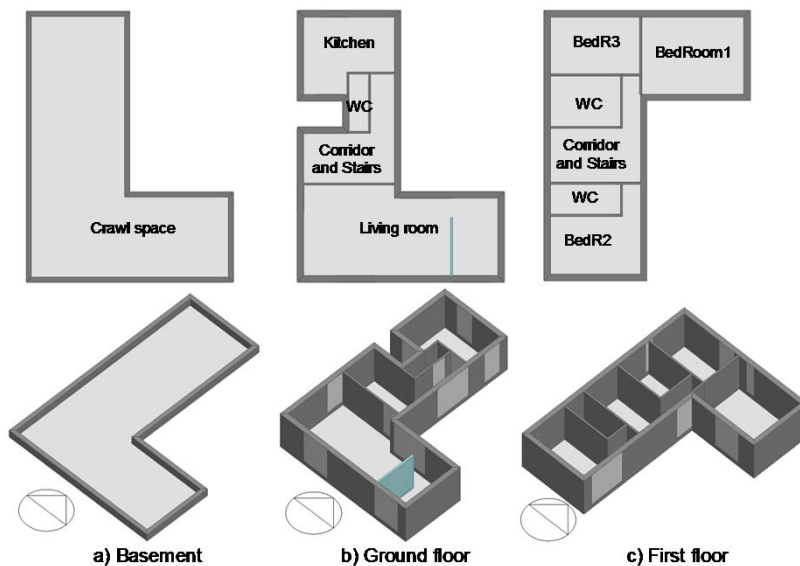


## Studie bytového objektu

Referenční hodnoty pomocí dynamické analýzy

Pomocí  DesignBuilder SOFTWARE  EnergyPlus

Modelováno 10 tepelných oblastí



Podlaží



Pohled na DBs model



Zastínění 10 srpna

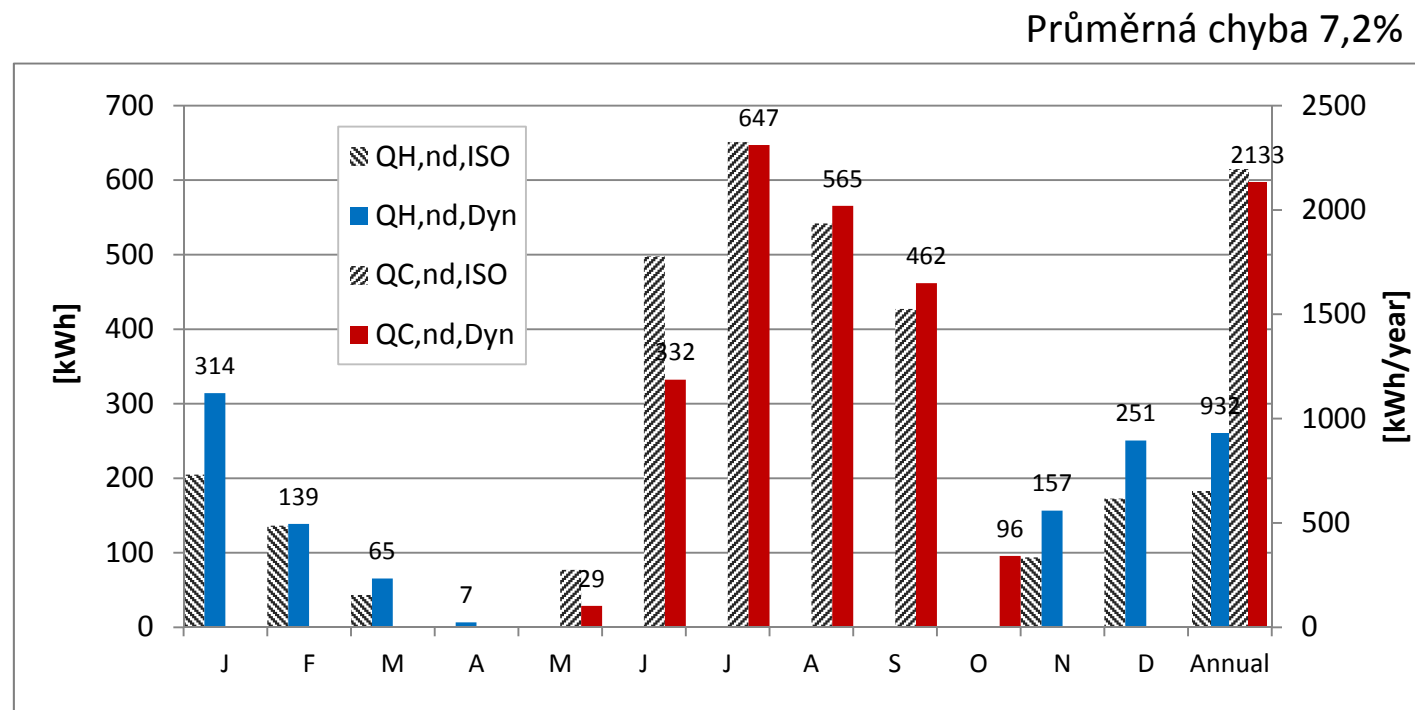


# Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě



## Studie bytového objektu

Výsledky



Energie pro ohřev a chlazení  
dynamická simulace (Dyn) je porovnána s jednoduchým modelem (ISO)



### 3) Shrnutí

- Posouzení spotřeby energie **základ** analýzy udržitelného rozvoje
  - Řešení závisí na řadě parametrů
- Zjednodušený algoritmus
  - Pro vytápění / chlazení
  - Pro přípravu teplé užitkové vody, podle norem
- Přesnost měsíční metody kvazi-ustáleného podle ISO 13790
  - ověřena dynamickou simulací
- Přesnost dobrá
  - Se střední chybou  $< 10 \%$